

_____ و _____، اجزاء بنیادی جهان مادی هستند. انرژی از راه‌های گوناگون با ماده ارتباط دارد، چنانکه کاهش _____ خورشید موجب تولید _____ می‌شود. «غذا» همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. پیشرفت دانش و فناوری، موجب افزایش تولید فرآورده‌های کشاورزی و دامی و تولید صنعتی غذا شده است. در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی، اهمیت به‌سزایی دارد. همچنین در صنایع غذایی، حجم عظیمی «آب» مصرف می‌شود و تأمین غذای جامعه را مشکل‌تر می‌کند.

خود را بیازمایید صفحه ۵۳؛

(الف) _____ و در درجه دوم _____ و _____.

(ب) با حذف خوراکی‌های غیر ضروری (مانند چیپس، پفک، نوشابه) تاحدی امکان تأمین هزینه مصرف انواع _____ در سبد خانوار تأمین می‌شود. (!!)

(پ)

- توزیع شیر رایگان در مدارس، مهدکودک‌ها، پادگان‌ها و دانشگاه‌ها
- دادن علوفه و داروی دامی با قیمت ارزان به دامدار
- فرهنگ‌سازی مصرف

(ت) فرهنگ‌سازی استفاده بیشتر از حبوبات (مصرف عدسی یا آش در وعده صبحانه یا عصرانه)، مصرف انواع حبوبات در سالاد

سرانه مصرف ماده غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی نشان می‌دهد.

غذا، چیزی فراتر از یک پاسخ به احساس گرسنگی است. مصرف غذا؛

۱. _____ مورد نیاز برای ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی، جابه‌جایی یون‌ها و مولکول‌ها از دیواره هر یاخته را تأمین می‌کند.

۲. _____ اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های مختلف بدن را فراهم می‌کند. (بخش عمده _____، _____ و _____ی موجود در بدن از غذا تأمین می‌شود.) این فرآیندها وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند، که دمای بدن را نیز تنظیم و کنترل می‌کنند. هر کدام از این واکنش‌ها، «آهنگ» ویژه‌ای دارند.

تغذیه درست، شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط منابع از انواع ذره‌ها را در بر می‌گیرد. سوء تغذیه هنگامی رخ می‌نماید که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاصی از این ذرات همراه باشد. از طرفی، افزایش نامناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در غذا نیز، سبب بیماری خواهد شد.

«غذا، ماده و انرژی»

بدن برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیرارادی، به ماده و انرژی نیاز دارد. یکی از راه‌های آزاد شدن انرژی سوخت‌ها (مانند بنزین و ...) «سوزاندن» آن‌ها است. هر ماده غذایی نیز انرژی دارد و میزان انرژی به «جرم» آن بستگی دارد.

دمای یک ماده، از چه خبر می دهد؟

دما: کمیتی که میزان _____ و _____ اجسام را نشان می دهد.

شکل ۱ صفحه ۵۶: وقتی به ظرف محتوی آب، گرما داده می شود، به تدریج _____ آن افزایش می یابد تا اینکه سرانجام _____ یا اگر به یخ داده شود، _____ می شود. در این حالت ها، با گرفتن گرما، _____ ذرات بیشتر شده و دما _____ می رود یا _____ ماده عوض می شود.

جنبش نامنظم ذره ها: گاز ○ مایع ○ جامد / آب گرم ○ آب سرد

دمای ماده ؛ معیاری برای توصیف _____ تندی و _____ انرژی جنبشی ذره های سازنده ماده است.

یکای رایج دما، درجه _____ () اما یکای دما در SI، _____ () است.

ارزش دمایی ۱ درجه سانتی گراد برابر ۱ کلوین _____ .

لذا در فرآیندهایی که دما تغییر می کند، $\Delta T \propto \Delta \theta$ است. _____ + _____ = _____

با هم بیندیشیم صفحه ۵۷:

۱. الف) شکل A نمونه ای از هوا را در _____ نشان می دهد.

ب) شکل B، نمونه ای از هوا را در یک روز _____ نشان می دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد؛ انرژی گرمایی _____ بیشتر بوده زیرا _____ آن بیشتر است.

۲. الف) میانگین تندی مولکول ها در ظرف A ○ ظرف B

ب) انرژی گرمایی ظرف A ○ ظرف B (چون _____ آن بیشتر است.)

با هم بیندیشیم ۱: _____ یکسان، دمای _____ متفاوت ← انرژی گرمایی متفاوت

با هم بیندیشیم ۲: _____ یکسان، _____ متفاوت ← انرژی گرمایی متفاوت

نتیجه: انرژی گرمایی یک نمونه ماده، هم به _____ و هم به _____ بستگی دارد.

تذکر: چون کار کردن «تعداد ذرات»، آسان نیست می توان به جای آن، _____ ماده را در نظر گرفت. چنانکه در فیزیک نیز، انرژی جنبشی از رابطه _____ به دست می آید.

تهیه غذا آب پز، تجربه تفاوت «گرما» و «دما»

گرما، صورتی از _____ و یکای آن در SI، _____ () است. $(1 \text{ Kgm}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 1 \text{ J})$. از یکای _____ () نیز برای بیان مقدار گرما در پزشکی و زیست شناسی و علم تغذیه استفاده می شود.

تعریف ژول:

تعریف کالری:

_____ cal = _____ J

انرژی گرمایی: _____ انرژی های جنبشی ذرات ماده / دما: _____ انرژی جنبشی ذرات ماده

انرژی گرمایی و دما، از ویژگی های یک «نمونه ماده» _____ است و _____ می تواند برای توصیف آن «ماده» به کار رود. _____ نمی تواند

«گرما»

صورتی از _____ است، که از جسم با _____ بالاتر، به جسم با _____ پایین‌تر منتقل می‌شود. داد و ستد گرما، می‌تواند موجب تغییر _____ مواد شود.

گرما، از ویژگی‌های یک «نمونه ماده» _____ و _____ برای توصیف آن «ماده» به کار رود.

گرما، از ویژگی‌های یک _____ است، و می‌تواند برای توصیف آن _____ به کار رود.

هنگامی که به ۲ ماده، گرمای یکسان داده شود، لزوماً به یک اندازه _____ نمی‌شوند.

یعنی: دادن گرمای یکسان به دو ماده، لزوماً تغییر دمای یکسانی را موجب _____ می‌شود. مثال: اگر بخواهیم دمای آب و روغن زیتون* (با جرم برابر) به یک اندازه بالا رود، باید به آب، گرمای _____ بدهیم.

* الگوی ساختاری «روغن‌ها» با «چربی‌ها» یکسان است اما تفاوت‌هایی در ساختار دارند (مانند پیوند دوگانه بیشتر در ساختار زنجیر کربنی _____) که موجب تفاوت در _____ و _____ آن‌ها می‌شود. چنان که روغن‌ها در دمای عادی، _____ و چربی‌ها _____ هستند.

با هم بیندیشیم صفحه ۵۹:

الف) چون _____ موجود در نمونه آب، بسیار _____ از روغن زیتون است. دلیل: موادی چون آب و اتانول، به دلیل وجود _____ بین مولکول‌های خود، گرمای ویژه بالایی دارند*. (جدول ۱ صفحه ۶۰). دمای آب و روغن زیتون، به یک اندازه زیاد _____ است. برای افزایش دمای آب به میزان ۵۰ درجه سانتی‌گراد، (نسبت به روغن زیتون) گرمای _____ جذب شده، پس انرژی گرمایی ظرف محتوی آب، _____ است و تخم مرغ، گرمای _____ دریافت می‌کند.

ب) ظرفیت گرمایی: (C) _____ لازم برای افزایش _____ ماده به اندازه _____ درجه _____ (یا ۱ _____) $Q = C\Delta\theta \rightarrow C = \frac{Q}{\Delta\theta} \rightarrow$ (یکای C: _____) $C_{H_2O} = \frac{J}{K(^\circ C)}$ $C_{oil} = \frac{J}{K(^\circ C)}$ (پ) بستگی دارد به _____ ماده و _____ ماده (به خاطر تفاوت در نوع _____ یا نیروهای _____) هرچه _____ ماده بیشتر باشد، برای رساندن آن به دمای مشخص، _____ بیشتری لازم است.

ت) گرمای ویژه: (c) ظرفیت گرمایی _____ ماده

$$Q = mc\Delta\theta \rightarrow c = \frac{Q}{m\Delta\theta} \downarrow$$

$$(\quad \cdot \quad \cdot \quad) \text{ یکای } C_{H_2O} = \frac{J}{K(^\circ C)} = \frac{J}{K(^\circ C)} \quad C_{oil} = \frac{J}{K(^\circ C)} = \frac{J}{K(^\circ C)}$$

ث) رابطه C با c:

هر کمیتی که از ویژگی‌های ماده باشد، می‌تواند _____ برای توصیف آن به کار رود. نمی‌تواند

ظرفیت گرمایی؛ از ویژگی‌های نمونه ماده _____ و _____ می‌تواند _____ برای توصیف آن ماده به کار رود. نمی‌تواند

گرمای ویژه؛ از ویژگی‌های یک نمونه ماده _____ و _____ برای توصیف آن ماده به کار می‌رود.

ظرفیت گرمایی، به نوع ماده بستگی _____ و به مقدار ماده بستگی _____.

گرمای ویژه، به نوع ماده بستگی _____ و به مقدار ماده بستگی _____.

خود را بیازمایید صفحه ۶۰:

۱. _____ می‌یابد. باگذشت زمان، چای، $\frac{\text{بخشی}}{\text{همه}}$ از انرژی گرمایی خود را $\frac{1}{5}$ محیط $\frac{\text{می‌گیرد}}{\text{می‌دهد}}$ پس _____ و _____ انرژی جنبشی ذرات آن، _____ می‌یابد. (کاهش _____ و _____ نمونه) دلیل: گرما، از جایی که _____ تر است (دمای _____) به جایی که _____ است (دمای _____) حرکت می‌کند. دمای چای ($^{\circ}\text{C}$) از دمای محیط ($^{\circ}\text{C}$) _____ است و با _____ انرژی گرمایی، با آن «_____» می‌شود.

۲. گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دمایی}}$ داشت که به دلیل تفاوت در $\frac{\text{دما}}{\text{انرژی گرمایی}}$ جاری می‌شود.

۳. ماده اصلی تشکیل‌دهنده هر دو، _____ است، پس به مقدار _____ موجود در آن‌ها توجه می‌کنیم. نان، _____ کمتری دارد، چون _____ شده است، پس _____ با محیط هم‌دما می‌شود.

نتیجه: «آهنگ» تغییر دمای مواد مختلف (مبادله _____ با _____) یکسان _____.

نکته: هنگام مبادله گرما بین دو «ماده»: (اگر از هدر رفت یا اتلاف گرما چشم‌پوشی کنیم) مقدار گرمایی که ماده با دمای _____ است می‌دهد، $|Q_A| = |Q_B|$ برابر با مقدار گرمایی است که ماده با دمای _____ می‌گیرد. یعنی قدر مطلق _____ مبادله شده در آن دو، _____ است.

تمرین ۱:

جسم A به جرم ۱۰۰ g و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد را در تماس با جسم B به جرم ۲۰۰ g و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم تا «هم‌دما» شوند. A و B در چه دمایی، هم‌دما می‌شوند؟ (بر حسب درجه سانتی‌گراد) (المپیاد شیمی ۸۶)

۱. ۱۸۰ ۲. ۱۶۰ ۳. ۱۵۰ ۴. ۱۴۵

راه اول:

$$|Q_A| = |Q_B| \rightarrow$$

راه دوم (هنگام تغییر فاز قابل استفاده نیست).

$$\theta_{\text{تعادلی}} = \frac{m_1 C_1 \theta_1 + m_2 C_2 \theta_2}{m_1 C_1 + m_2 C_2} = \frac{\sum (mc\theta)}{\sum mc}$$

تمرین ۲: به آلیاژی از تیتانیوم و نیکل به جرم ۲۰۴ گرم، مقدار ۲۱ ژول گرما دادیم و دمای آن 10°C افزایش یافت. به تقریب، چند درصد جرم این آلیاژ را نیکل تشکیل داده است؟ $C_{Ni} = 0.45 (J.g^{-1}.^{\circ}\text{C}^{-1})$ $C_{Ti} = 0.5 (J.g^{-1}.^{\circ}\text{C}^{-1})$

۱. ۶/۳۷ ۲. ۲/۴۹ ۳. ۶/۲۸ ۴. ۵/۷۱

جاری شدن انرژی گرمایی

«بررسی کیفی و کمی انرژی مبادله شده بین سامانه و محیط»

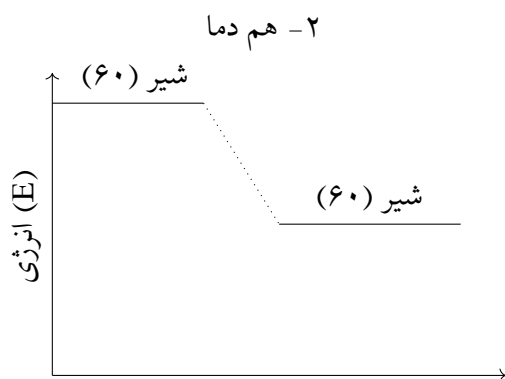
سامانه: بخشی از جهان، که _____ را در آن بررسی می‌کنیم.

محیط: هرچه _____ سامانه وجود دارد.

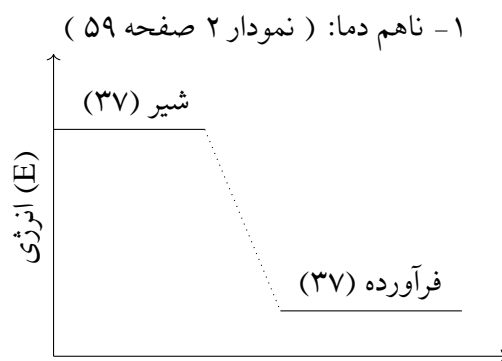
مثال: بررسی مبادله گرما بین یک لیوان آب و محیط:

(معمولاً سامانه با مرزهای مشخصی از محیط جدا می‌شود.)

فرآیند جاری شدن انرژی:

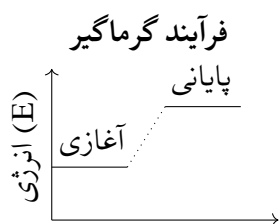
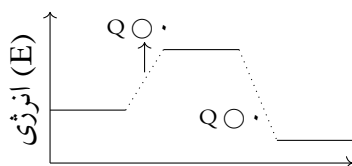


مواد در دو طرف _____
 اختلاف در انرژی _____
 $(Q \circ \circ) \Delta E \circ \circ$



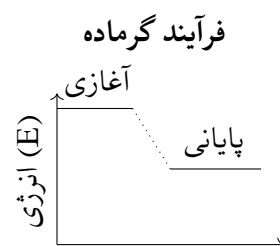
مواد در دو طرف _____
 اختلاف در انرژی _____
 $(Q \circ \circ) \Delta E \circ \circ$

تمرین: مبادلات انرژی را هنگام مصرف بستنی با دمای ۰ درجه سانتی گراد تا هضم آن را بررسی کنید.



در شرایط هم دما ($\Delta\theta = 0$)
 جاری شدن انرژی از _____ به _____
 واکنش یا فرآیند، برای انجام شدن، گرما می _____ .
 سطح انرژی طرف دوم \circ سطح انرژی طرف اول
 $\circ \circ Q$

نماد Q در طرف _____ نوشته می شود:
 ۱- واکنش گرماگیر: $N_2O_4(g) + _ \longrightarrow 2 NO_2(g)$
 ۲- فرآیند گرماگیر: $H_2O(s) + _ \longrightarrow H_2O(l)$
 _____ سطح انرژی سامانه



در شرایط هم دما ($\Delta\theta = 0$)
 جاری شدن انرژی از _____ به _____
 واکنش یا فرآیند، برای انجام شدن، گرما می _____ .
 سطح انرژی طرف دوم \circ سطح انرژی طرف اول
 $\circ \circ Q$

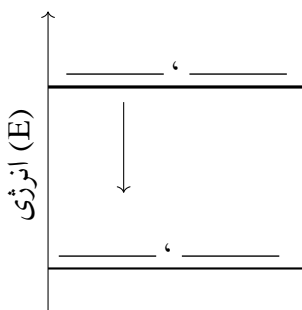
نماد Q در طرف _____ نوشته می شود:
 ۱- واکنش گرماده: $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2 HCl + _$
 ۲- فرآیند گرماده: $H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) + _$
 _____ سطح انرژی سامانه

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرمایشی)

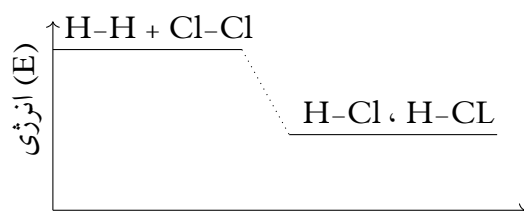
هر واکنش شیمیایی، ممکن است با تغییر _____، تولید _____، آزاد شدن _____ و ایجاد _____ و _____ همراه باشد، اما: داد و ستد _____، یک ویژگی بنیادی واکنش‌های شیمیایی است. ترموشیمی (گرمایشی) به بررسی _____ و _____ گرمای واکنش‌های شیمیایی، _____ آن و تأثیری که بر _____ ماده دارد، می‌پردازد.

بررسی شکل ۳ صفحه ۶۲:

الف) مواد غذایی، پس از گوارش، انرژی لازم برای _____ و _____ یاخته‌ها را تأمین می‌کنند.
 ب) سوخت‌ها، انرژی لازم برای حمل و نقل، و نیز گرمایش محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کند.
 پ) زغال کک، واکنش‌دهنده‌ای رایج در استخراج آهن، و تأمین‌کننده _____ لازم برای واکنش است.
 منبع انرژی در بدن، _____ است. انرژی غذا، پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون، به سلول‌ها می‌رسد. این واکنش‌ها ممکن است گرماده یا گرماگیر باشند اما فرآیند کلی اکسایش گلوکز در مجموع، گرما _____ است. البته دمای بدن تغییر محسوسی _____



دلیل: دمای واکنش‌دهنده‌ها با دمای فرآورده‌ها _____ است ($\Delta\theta \circ$)
 درواقع، انرژی آزاد شده در این واکنش، ناشی از تفاوت دمای مواد واکنش‌دهنده و فرآورده _____، بلکه تفاوت میان انرژی _____ مواد و واکنش‌دهنده و فرآورده است.
 انرژی پتانسیل در اینجا، به معنای انرژی ناشی از نیروهای _____ ذرات سازنده آن است.
 انرژی پتانسیل موجود در یک نمونه ماده، انرژی _____ نام دارد.
 انرژی پتانسیل در پیوندهای مختلف، با هم _____ است، چون اتم‌های مختلفی با هم پیوند دارند. مثال:
 تفاوت اتم‌های دارای پیوند اشتراکی، موجب تفاوت در نیروهای _____ (این نیروها، شامل «پیوندها» و «نیروهای بین مولکولی» است.) این نیروها، شامل «پیوندها» و «نیروهای بین مولکولی» است. اتم‌ها (در مولکول) و در نتیجه؛ تفاوت در _____ پیوندها است.



_____ انرژی در آشکاری تفاوت و یکدیگر، با اتم‌ها اتصال شیوه یا پیوندها در تغییر موجب شیمیایی، واکنش انجام می‌دهد. نشان مبادله‌شده (ی) صورت به را خود که می‌شود؛ آن‌ها به وابسته

با هم بیندیشیم صفحه ۶۴ : در دو واکنش:

۱. الف) واکنش دهنده‌ها یکسان $\frac{\text{هستند}}{\text{نیستند}}$ ← سطح انرژی واکنش دهنده‌ها یکسان _____
 فرآورده، یکسان _____ ← سطح انرژی فرآورده در دو واکنش یکسان _____

ب) در واکنش $\frac{\text{اول}}{\text{دوم}}$ ، سطح انرژی واکنش دهنده‌ها _____ ← پایدارتر

۲. الف) چون سطح انرژی گرافیت و الماس، یکسان _____ . (به دلیل تفاوت در نیروهای نگهداری)

ب) _____ پایدارتر است، چون فاصله کم‌تری با فرآورده دارد، گرمای سوختنی _____ دارد.

نحوه اتصال اتم‌های کربن، تعداد و نوع پیوندهای اشتراکی کربن - کربن، در این دو آلوتروپ، و در نتیجه، رفتار شیمیایی آن‌ها (مانند پایداری یا گرمای سوختن) متفاوت است.

$$xKj = g \times \frac{mol}{g} \times \frac{KJ}{mol} = \text{---}KJ \quad (\text{پ} - ۲)$$

یخچال صحرایی!

دو ظرف از جنس _____ داریم که فضای بین آنها از شن خیس پر می‌شود. پارچه‌ای _____ به عنوان درپوش، تحویه را انجام می‌دهد. آب درون ظرف درونی، به تدریج در بدنه ظرف بیرونی نفوذ می‌کند و _____ می‌شود:



این فرآیند، گرما _____ است و گرمای لازم را از سامانه دریافت می‌کند که باعث افت دما و خنک شدن محتویات دستگاه می‌شود.

فرآیندهای تغییر حالت مواد

_____ : تبدیل حالت جامد به مایع

_____ : تبدیل حالت مایع به جامد

_____ : تبدیل حالت مایع به گاز

_____ : تبدیل حالت گاز به مایع

_____ (_____): تبدیل حالت جامد به گاز

_____ (_____): تبدیل حالت گاز به جامد

عوامل مؤثر بر گرمای واکنش: (یک عامل ثابت، و سه عامل متغیر)

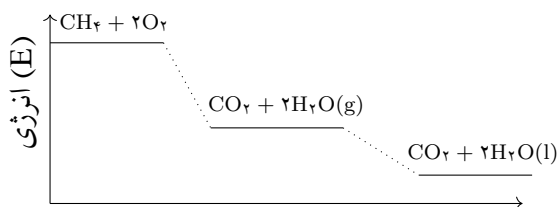
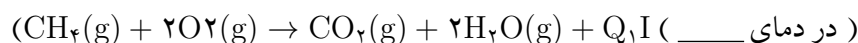
۱. _____ مواد واکنش (واکنش دهنده‌های و فرآورده‌ها): مواد مختلف، سطوح انرژی متفاوت دارند. گرمای واکنش، _____ سطح انرژی مواد طرف اول و دوم واکنش است. این عامل، متغیر _____، چون با تغییر مواد، در واقع، واکنش دیگری داریم.

۲. _____ و _____ : تغییر این دو عامل، سطح _____ واکنش دهنده‌ها یا فرآورده‌ها را تغییر می‌دهد.

۳. _____ واکنش دهنده‌ها: سطح انرژی هر ماده، به مقدار آن وابسته _____ و تغییر مقدار مواد، سطح انرژی آن را نیز تغییر می‌دهد.

تمرین: سوختن هر مول متان، ۸۹.KJ انرژی آزاد می‌کند. با سوختن ۱ گرم متان، چند کالری گرما تولید می‌شود؟

۴. _____ مواد واکنش: در معادله «ترموشیمیایی»، باید انرژی _____ در واکنش ذکر شود. حال اگر حالت فیزیکی یکی از مواد در واکنش تغییر کند، سطح _____ آن نیز تغییر می‌کند و در نهایت، گرمای واکنش را تغییر می‌دهد.



H_2O تولید شده در واکنش سوختن متان، ابتدا در دمای شعله است و حالت فیزیکی گازی دارد، اگر مقداری صبر کنیم تا سامانه با محیط، « ____ » شود، H_2O به حالت مایع در می‌آید. این فرآیند (تبخیر/میعان)، خود، گرما ____ است و در رسیدن از I به II مقداری گرما ____ می‌شود. یعنی Q_2 ، از لحاظ عددی، از Q_1 ____ است.

تمرین) گرمای تبخیر مولی آب را برحسب Q_1 و Q_2 به دست آورید:

گرمای تبخیر مولی = _____ \circ

با هم بیندیشیم ۳ صفحه ۶۴:

اولاً: میعان، گرما ____ است، پس گرمای واکنش با عدد ____ گزارش می‌شود.

ثانیا: گرمای آزاد شده در میعان و نیز گرمای واکنش هردو، علامت دارند و مجموع آن‌ها با علامت باید از نظر عددی از ۴۸۴ ____ باشد (یعنی عدد ____)

پرسش:

گرمای آزاد شده در کدام حالت، مقدار عددی بیشتری دارد؟ (روش: باید یک طرف کمترین و طرف دیگر بیشترین سطح انرژی را داشته باشد)



«آنتالپی (H)، همان محتوای انرژی است»

هر نمونه ماده، دارای شمار بسیار زیادی «ذره سازنده» است. این ذره‌ها، دارای:

۱- ____ نامنظم (انرژی ____) و ۲- ____ با یکدیگر (انرژی ____) هستند

یک نمونه ماده، با ____ آن در ____ و ____ معین، توصیف می‌شود. مانند ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار معین یک نمونه ماده در یک ظرف، می‌تواند یک ____ به شمار آید.

«انرژی کل» یک سامانه، هم ارز «محتوای ____» یا «____» آن سامانه است. یعنی: همه مواد، در دما و فشار معین، «____» مشخصی دارند.

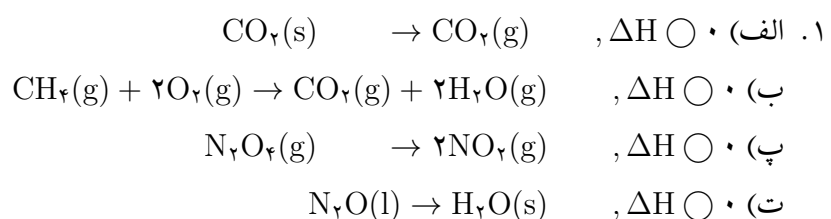
با انجام واکنش شیمیایی، «محتوای ____» یا «____» مواد، تغییر می‌کند. (مانند نمودار ۵ صفحه ۶۴)

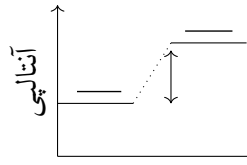
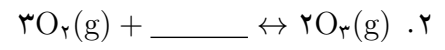
مهم: $Q_p = H_{\text{____}} - H_{\text{____}} = \Delta H$ واکنش (____ آنتالپی)

Q_p به معنای ____ مبادله شده در «____» است.

مقدار عددی ΔH در یک فرآیند، ____ آن را نشان می‌دهد، اما علامت + یا -، به ترتیب، ____ و ____ بودن آن را نشان می‌دهد.

خود را بیازمایید صفحه ۶۶ و ۶۷:





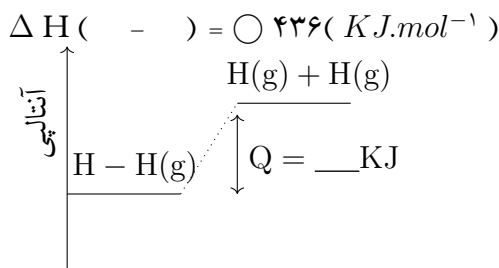
پیشرفت واکنش

$$x(KJ) = \frac{KJ}{molO_۳} \times \text{_____} molO_۳ = \text{_____}(KJ)$$

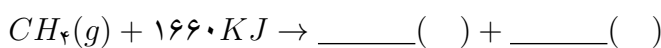
($\Delta H_{\text{رفت}} = \text{_____}$) ($\Delta H_{\text{برگشت}} = \text{_____}$)

«آنتالپی پیوند» و «میانگین آنتالپی پیوند»

انجام یک واکنش شیمیایی، نشانه‌ای از تغییر در _____ اتم‌ها (ذرات) به یکدیگر است، که نتیجه آن، تغییر _____ و به دنبالش تغییر _____ مواد است. یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، محتوای _____ مواد است. مثلاً، یک نمونه گاز هیدروژن، دارای شمار بسیار زیادی _____ دو اتمی است. با صرف _____، پیوند _____ بین اتم‌ها در مولکول می‌شکند و به _____ هایی تبدیل می‌شود که _____ تر و _____ تر هستند. در ترموشیمی، به مقدار 436 KJ ، آنتالپی _____ می‌گویند:



آنتالپی پیوند: انرژی لازم برای _____ ۱ _____ پیوند در مولکول _____ و تبدیل آن به اتم‌های _____ در مولکول‌هایی که «اتم مرکزی» به چند اتم یکسان با پیوند اشتراکی متصل است، (مانند CH_4) این پیوندهای یکسان، آنتالپی کاملاً یکسان _____! در این حالت، به کار بردن اصطلاح * _____ آنتالپی پیوند، مناسب‌تر است.



$$\Delta H_{(C-H)} = \quad \div \quad = \quad (\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

پرسش) در چند مورد، به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند، مناسب‌تر است؟ _____ مورد

۱. $\text{NH}_3(g)$ ۲. $\text{N} \equiv \text{N}(g)$ ۳. $\text{H} - \text{Br}(g)$ ۴. $\text{H}_2\text{O}(g)$

نکته: در مولکول‌های ۲ اتمی، میانگین گرفتن لازم _____

خود را بیازمایید صفحه ۶۸:

الف) (پیوند _____ شده ← گرما _____) ΔH | پیوندها در جدول ۲ صفحه ۶۵ مربوط به مولکول ۲ اتمی (میانگین _____ هست نیست)

ب) (پیوند _____ شده ← گرما _____) ΔH | پیوندها در جدول ۳ صفحه ۶۶ مربوط به مولکول‌های چند اتمی (میانگین _____)

تذکر: برای گزارش آنتالپی پیوند، همه ذرات در دو طرف واکنش به حالت _____ و همه فرآورده‌ها باید _____ باشند: (اگر قرار است همه پیوندها شکسته شود).

$$\text{NH}_3(\quad) + Q \rightarrow \quad (\quad) + \quad (\quad)$$

«آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش»

۱) روش محاسباتی برای تعیین ΔH واکنش:

در واکنش شیمیایی، «معمولاً» تعدادی پیوند _____ و تعدادی پیوند جدید _____ می‌شود.

برای «شکستن» پیوند، مقداری انرژی _____ می‌شود (با علامت \bigcirc گزارش می‌شود).

هنگام «تشکیل» پیوند، مقداری انرژی _____ می‌شود (با علامت \bigcirc گزارش می‌شود). ΔH واکنش، _____ این انرژی‌های

_____ شده است.)

استفاده از آنتالپی پیوند، برای تعیین ΔH واکنش‌های _____ مناسب‌تر است. (همه مواد در حالت _____)
 هرچه مواد واکنش، مولکول‌های _____ داشته باشند، ΔH محاسبه شده، با داده‌های _____ همخوانی بیشتری دارد، و
 هرچه مولکول‌ها پیچیده‌تر باشند، ΔH محاسبه شده با داده‌های _____ تفاوت‌های آشکار نشان می‌دهد.
 (۲) استفاده از «آنتالپی پیوند» برای تعیین ΔH واکنش: (خود را بیازمایید ۱ صفحه ۶۹)
 ΔH واکنش: [مجموع آنتالپی‌های پیوند _____] - [مجموع آنتالپی‌های پیوند _____]

نکته: در جدول آنتالپی پیوند، همه اعداد علامت \ominus دارند و علامت \ominus پیش از آنتالپی پیوند فرآورده‌ها، برای آن است که \ominus در \ominus ، \ominus شود. (چون در فرآورده‌ها، پیوندها در حال تشکیل هستند که فرآیندی گرما ده است و باید با عدد منفی نوشته شود.)

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۰:

(الف)

(ب)

(پ)

تمرین ۱ اگر برای تبدیل ۱ گرم از گازهای متان و اتان، به اتم‌های گازی جدا از هم، به ترتیب ۱۰۳ و ۹۴ کیلوژول انرژی مصرف شود، آنتالپی C-C چند $\frac{KJ}{mol}$ است؟ (H = ۱ و C = ۱۲)

تمرین ۲ به کمک «جدول آنتالپی پیوند»، آنتالپی سوختن کامل اتانول و بنزین را به دست آورید:

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۲:

(الف) این دو ترکیب، فرمول مولکولی $\frac{\text{یکسان}}{\text{متفاوت}}$ ، و ساختار _____ دارند.

نتیجه: این دو ترکیب، _____ (هم) هستند.

(ب) $\frac{\text{بله}}{\text{خیر}}$ ، چون ساختار آن‌ها یکسان _____.

(پ) $\frac{\text{بله}}{\text{خیر}}$ ، چون تفاوت در _____، موجب تفاوت در _____ از جمله سطح انرژی است.

محتوای انرژی یک ترکیب، در دما و فشار ثابت، علاوه بر «نوع» و «تعداد» اتم‌ها به نحوه _____ اتم‌ها، و «نوع» پیوندهای شیمیایی مربوط است.

آشنایی با گروه‌های عاملی

گروه عاملی؛ _____ منظمی از _____ ها است که به مولکول دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه می‌بخشد.

در گروه‌های عاملی، _____ اتصال اتم‌ها با یکدیگر، یا _____ بین آن‌ها، اهمیت ویژه دارد.

گروه عاملی، در تعیین _____ ترکیبات آلی، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. به عنوان مثال خواص ادویه، به طور عمده وابسته

به ترکیب‌های آلی موجود در آن‌ها است که در ساختار آن‌ها، علاوه بر C و H، اتم‌های _____ و گاهی _____ وجود دارد.

تفاوت در خواص ادویه، به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. (گروه عاملی، قسمتی از ترکیب آلی است که با

دیدن آن، می‌فهمیم این ترکیب، _____ نیست!)

نمونه	تعداد پیروند کروالانسی	روش نامگذاری (آیوپاک)	نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی η بر حسب)	فرمول کلی 'R یا R با)	نام خانواده
							آلکن
							آلکین
							آلدهید
							کتون
							الکل
							اتر
							کربوکسیلیک اسید
							استر
							آمین
							آمید

آنتالپی سوختن، تکیه گاهی برای تامین انرژی

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی شامل _____ ها، _____ ها، _____ ها، _____ ها، _____ و مواد _____ دریافت می کند.

از این بین، کربوهیدرات ها، چربی ها و پروتئین ها، علاوه بر: (۱) تامین _____ اولیه برای سوخت و ساز، (۲) تامین _____ یاخته ها نیز هستند.

از این سه دسته، تنها _____ در بدن به _____ شکسته شده و در خون حل می شود. _____، قند خون است، خون این ماده را به یاخته ها می رساند و در آنجا _____ می یابد و _____ تولید می کند.

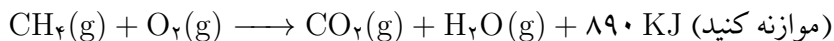
بدن، بیشتر _____ را ذخیره می کند چون انرژی حاصل از اکسایش جرم برابری از آن با دو ماده دیگر، بیشتر است. (جدول ۴ صفحه ۷۰)

انرژی سوختی: انرژی حاصل از سوختن ۱ _____ از ماده غذایی (یکا: _____) جواب ۵ صفحه ۷۱

تمرین (۱): اگر درصد چربی در ترکیب یک ماده غذایی ۲٪، و درصد پروتئین و کربوهیدرات در آن، به ترتیب ۳ برابر و ۲۴ برابر چربی باشد، ارزش سوختی این ماده غذایی $\frac{KJ}{g}$ است؟ (راهنمایی: جرم ماده غذایی را ۱۰۰ گرم فرض کنید.) نکته: جرم کربوهیدرات و پروتئین را می توان جمع و یکجا محاسبه کرد (چون ارزش سوختی آن ها یکسان است.)

تمرین (۲): با گرمای آزاد شده از سوختن ۵۰g از ماده غذایی تمرین (۱)، چند مول آب ۸۰° را می توان به جوش آورد؟ (فرض کنید در این فرآیند، ۲۰٪ هدر رفت انرژی وجود دارد.) $C(H_2O) = 4/2 (J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1})$

سوختن برای تهیه غذای گرم، معمولا از سوخت‌های _____ استفاده می‌شود. مانند _____ که (عمده) گاز شهری را تشکیل می‌دهد، در حضور اکسیژن کافی می‌سوزد و انرژی زیادی تولید می‌کند:



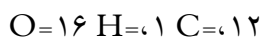
آنتالپی سوختن: انرژی حاصل از سوختن ۱ _____ از ماده سوختنی (یکا: _____) جواب ۶ صفحه ۷۱

خود را بیازمایید صفحه ۷۳:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(\text{پروپان}) \simeq -2220 (\text{KJ.mol}^{-1}) | \Delta H_{\text{سوختن}}(\text{بوتن-۱}) \simeq -2717 (\text{KJ.mol}^{-1})$$

متان	اتان	پروپان
$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} -890 \text{ kJ}$	$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} -1560$	$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} x_1$
بوتن-۱	پروپن	اتن
$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} -1410$	$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} -2058$	$\xrightarrow{(-\text{CH}_2-)} x$

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۳ و ۷۴: الف) ارزش سوختی: اتان ○ اتانول سوختن: اتان ○ اتانول



(ب)

پ) سوخت‌های سبز، علاوه بر C و H ، _____ نیز دارند و از پسماند سویا، نی‌شکر یا سایر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند. سوخت سبز برای سوختن، اکسیژن _____ نیاز دارد.

پرسش ①: می‌دانیم که سوختن مواد در دماهای بالا صورت می‌گیرد. چرا در خود را بیازمایید ۱ صفحه ۷۱، سوختن مواد در دمای 25°C مطرح شده است؟

پاسخ: منظور از عدد 25°C روی پیکان در این واکنش‌ها، سوختن در دمای 25°C نیست، بلکه به معنای اندازه‌گیری _____ واکنش در دمای 25°C است.

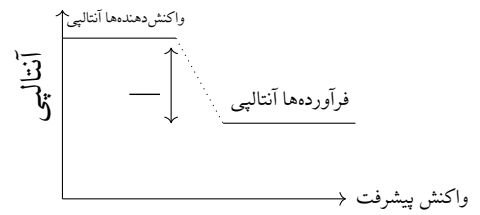
*همچنین اتانول، در سوختن با _____ برابر (نسبت به هیدروکربن)، CO_2 کمتری تولید می‌کند؛ مثال:

پرسش ②: سوختن هیدروکربن‌ها در دماهای بالا صورت می‌گیرد، پس چگونه می‌توان آنتالپی سوختن را در دمای 25°C اندازه‌گیری کرد؟

پاسخ: ابتدا، واکنش دهنده‌ها را در دمای 25°C وارد سامانه می‌کنیم، پس از انجام واکنش (سوختن) اجازه می‌دهیم فرآورده‌ها _____ شوند و به دمای 25°C برسند. یعنی ابتدا و انتهای واکنش، در 25°C بررسی می‌شود. آنتالپی واکنش نیز با توجه به

_____ و _____ واکنش تعیین می‌شود، حتی اگر در _____ به دمایی دیگر برسیم.

(آنتالپی واکنش، تابع مسیر _____). چنانکه در طرح بالا نیز دیده می‌شود؛ اختلاف سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها (در دمای معین)، یعنی همان _____ واکنش، مقدار مشخص _____ و به مسیر پیموده شده ربط _____.



نکات مهم مربوط به جدول ۶ صفحه ۷۱

- ① در اثر سوختن هیدروکربن ها و مواد آلی اکسیژن دار، گرما آزاد می شود. سوخت ها، موادی پر انرژی و $\frac{\text{پایدار}}{\text{ناپایدار}}$ هستند و فرآورده های سوختن، به نسبت $\frac{\text{پایدار}}{\text{ناپایدار}}$ ترند و این تفاوت، به صورت گرما آزاد می شود.
 - ② بین چند آلکان (یا سایر هیدروکربن های هم خانواده) مقدار عددی آنتالپی سوختن ترکیبی بیشتر است که سنگین تر سبک تر $\frac{ddfrac}{}$ است. (وقتی مول های برابر از چند هیدروکربن هم خانواده بسوزند، آنکه کربن _____ دارد، گرمای بیشتری آزاد می کند.)
 - ③ بین چند آلکان (یا سایر هیدروکربن های هم خانواده) ارزش سوختی ترکیبی بیشتر است که $\frac{\text{سبک تر}}{\text{سنگین تر}}$ است. (وقتی جرم های برابر از چند هیدروکربن هم خانواده بسوزند، آنکه کربن _____ دارد، گرمای بیشتری آزاد می کند.)
 - ④ الکل های سنگین تر، نسبت به الکل های سبک تر، مقدار عددی آنتالپی سوختن _____ و ارزش سوختی _____ دارند.
 - (نکته ۲) در مورد الکل ها صدق _____ و نکته ۲) صدق _____ (!)
 - ⑤ آنتالپی سوختن ۴ خانواده جدول (هم کربن): _____ < _____ < _____ < _____
 - ⑥ بین آلکان، آلکن و آلکین هم کربن، ارزش سوختی: _____ < _____ < _____ < _____
- تذکر: برخلاف انتظار، دمای شعله: اتین < اتن < اتان

اندازه گیری گرمای واکنش

دو روش دارد: الف) روش مستقیم (اندازه گیری در آزمایشگاه، به کمک ابزار) ب) روش غیرمستقیم (به کمک محاسبه)

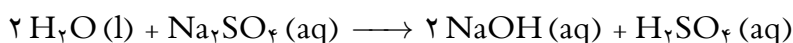
الف) روش مستقیم (گرماسنجی یا کالری متری) به روش تجربی، که ابزار آن، **گرماسنج** است. گرماسنج، انواع مختلف دارد و در کتاب درسی فقط به گرماسنج لیوانی اشاره شده است. (ش ۸ صفحه ۷۴)

گرماسنج لیوانی: گرمای واکنش را در _____ ثابت اندازه گیری می کند. (که به آن، _____ گفته می شود.)

این گرماسنج، برای تعیین «آنتالپی _____» و نیز آنتالپی واکنش ها در حالت «_____» مناسب است.

در این گرماسنج، مقداری آب درون لیوان یک بار مصرف (۲ لیوان درون هم) قرار می گیرد که تا حد ممکن عایق _____ باشد. درپوش یونالیتی روی آب قرار می گیرد و از درون آن، یک دماسنج و یک همزن وارد آب می شود تا دما را در کل محلول، تا حد ممکن _____ سازد. با اندازه گیری تغییر دما ($\Delta\theta$) در طول فرآیند، می توان گرمای واکنش را از فرمول $Q = mc\Delta\theta$ محاسبه نمود.

مسئله: در یک گرماسنج لیوانی، ۲۰۰ mL محلول سود ۱۰۰ مولار با ۲۰۰ mL محلول سولفوریک اسید وارد واکنش می شود. اگر در پایان واکنش، مقداری اسید واکنش نداده باقی مانده و دما به اندازه (7°C) افزایش یافته باشد، آنتالپی واکنش روبه رو، چند KJ است؟ (همه گرمای واکنش، صرف بالا بردن دمای محلول شده و چگالی همه محلول ها $\frac{\text{Kg}}{\text{L}}$ است. گرمای ویژه محتویات گرماسنج، $4.18^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot \text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ است.)



مسئله: حل کردن ۱۰۰ مول کلسیم کلرید در گرماسنجی حاوی ۵۰۰g آب، دمای گرماسنج را $1/2^{\circ}\text{C}$ بالا می‌برد. ظرفیت گرمایی گرماسنج، چند $\text{KJ}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ است؟ و اگر در ابتدای واکنش به جای کلسیم کلرید، ۳۰g آمونیوم نیترات ۸۰٪ خالص را در آب حل کنیم، دمای مجموعه به تقریب چند $^{\circ}\text{C}$ تغییر می‌کند؟ افزایش می‌یابد یا کاهش؟
 آنتالپی انحلال CaCl_2 و NH_4NO_3 به ترتیب -۲۸۵ و +۲۶ کیلوژول بر مول است. $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4/2 \left(\frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}} \right)$

ب) روش غیرمستقیم: گرمای واکنش را می‌توان به کمک محاسبه، و با استفاده از استوکیومتری، آنتالپی تشکیل مواد، آنتالپی پیوند، و قانون هس محاسبه کرد، که در کتاب درسی، به دو مورد آخر پرداخته شده است.

جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، «قانون هس»

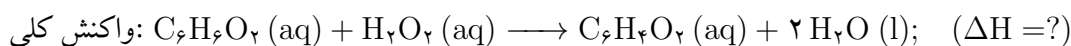
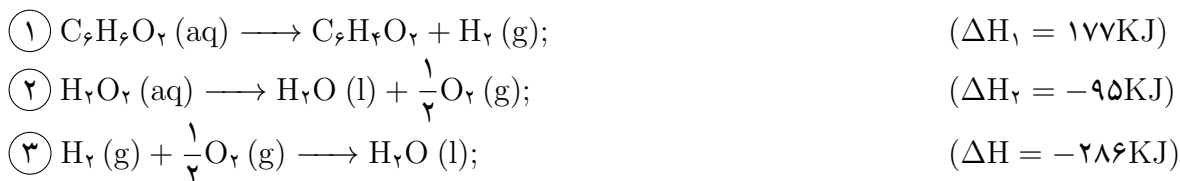
آنتالپی بسیاری از واکنش‌ها را نمی‌توان به روش _____ اندازه‌گیری نمود. برخی واکنش‌ها، یک مرحله از واکنشی «_____ مرحله» (پیچیده) هستند، و برخی از آن‌ها، به آسانی انجام نمی‌شوند، (یا اصلاً انجام نمی‌شوند!) در این حالات، برای محاسبه گرمای واکنش، می‌توان از قانون هس کمک گرفت.

براساس «قانون هس»: اگر واکنشی شامل «چند» مرحله باشد، ΔH واکنش کلی، برابر _____ ΔH مراحل آن است.

به بیان دیگر: [گرمای یک واکنش معین، به راهی که برای انجام آن پیش‌گرفته، وابسته _____.

روش کار: اگر معادله واکنشی را بتوان از «مجموع» معادله چند واکنش به دست آورد؛ ΔH واکنش کلی نیز از _____ ΔH همان چند واکنش (مراحل) به دست می‌آید.

مثال: حشره‌ای با نام «سوسک بمب‌افکن»، برای دفاع از خود، مخلوطی از مواد داغ را به سمت دشمن پرتاب می‌کند، که این مواد در طرف دوم واکنش کلی دیده می‌شوند. اگر واکنش کلی در واقع شامل سه مرحله با ΔH های گفته شده باشد^۱، ΔH واکنش کلی را به دست آورید.



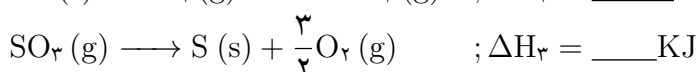
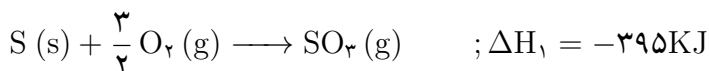
^۱ اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن معرفی شود، به آن، واکنش _____ یا _____ می‌گویند.

توجه: در اکثر موارد، برای آن که از جمع‌بندی مواد در مراحل مختلف، به واکنش کلی برسیم، لازم است که تغییراتی را در واکنش‌های مراحل، انجام دهیم. این تغییرات، شامل تغییر در ضرایب، و یا جابه‌جایی واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها است. مثلاً ضریب ماده‌ای در واکنش کلی ۲ اما در مراحل ۱ است یا ماده‌ای در واکنش کلی در طرف اول، اما در مراحل در طرف دوم است.

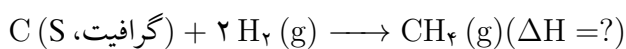
قوانین پایداری:

۱. اگر ضرایب واکنشی n برابر شود، $H\Delta$ واکنش باید در _____ شود.
۲. اگر جای واکنش‌دهنده(ها) با فرآورده(ها) عوض شود، $H\Delta$ واکنش باید _____ شود (علامت _____ بگیرد).

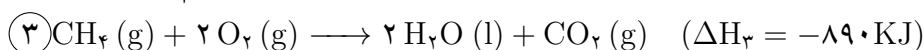
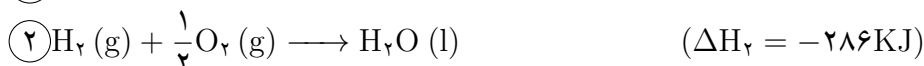
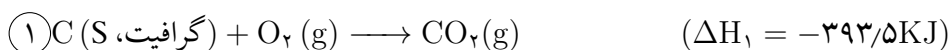
تمرین ۱: با توجه به ΔH_1 در واکنش اول، ΔH_2 و ΔH_3 را به دست آورید:



تمرین ۲: متان، ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده _____ است، و بخش عمده _____ را تشکیل می‌دهد. متان از _____ گیاهان به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی «در آب» تولید می‌شود. نخستین بار، از سطح _____ جمع‌آوری شده و به گاز مرداب معروف است. برای تهیه این گاز، می‌توان از واکنش روبه‌رو استفاده کرد:



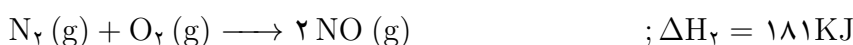
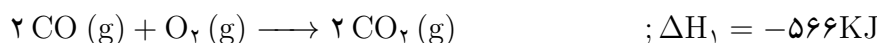
آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تامین شرایط بهینه برای انجام واکنش بالا، بسیار دشوار و پرهزینه است. برای تعیین ΔH این واکنش، می‌توان از سه واکنش ترموشیمیایی دیگر بهره گرفت: ΔH واکنش بالا را محاسبه کنید.



تذکر: ترجیحاً هر یک از مواد واکنش را در هر مرحله پیدا کنید که در مراحل دیگر نباشد.

$\Delta H =$

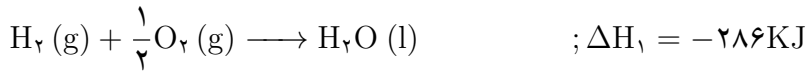
تمرین ۳: آنتالپی واکنش کلی را محاسبه کنید: (خود را بیازمایید ۲ صفحه ۷۴)



توجه: واکنش بالا، توسط شیمی‌دانان هواکرده، و برای تبدیل گازهای آلاینده CO و NO (که از آگروز خودروها به هواکرده وارد می‌شوند) طراحی شده تا به گازهایی با آلاینده‌گی کمتر و پایداری _____ تبدیل شوند.

تمرین ۴: (خود را بیازمایید ۱ صفحه ۷۴)

(الف)



ب) چون واکنش مستقیم H_2 با O_2 _____ تولید می‌کند که _____ پایدارتر است. H_2O_2 _____ تر است و به _____ و _____ تجزیه می‌شود.

تمرین ۵: (خود را بیازمایید ۳ الف) چون واکنش برخورد مستقیم C با O_2 ، همواره _____ تولید می‌کند (CO_2 از CO پایدارتر است).
ب) ناپایدارتر

تمرین ۶ (خود را بیازمایید ۴ الف) _____ پایدارتر است (سطح انرژی _____ دارد). دلیل: تعداد پیوند ۲ مول آمونیاک از ۱ مول هیدرازین _____ است.
ب)

غذای سالم

آهنگ واکنش، نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی، در چه گستره‌ای از _____ رخ می‌دهد. آهنگ واکنش، معیاری برای تعیین زمان _____ مواد است.

هرچه گستره زمان انجام واکنش، کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن، _____ است، و واکنش، _____ تر انجام می‌شود. برخی روش‌های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی:

- روش‌های قدیمی: _____ کردن، تهیه _____ و _____ سود کردن (شکل ۱۰ صفحه ۷۵)
- روش‌های جدید: تخلیه _____ درون بسته‌بندی، _____ و _____

۱. تهیه _____ و افزودن _____ از روش‌های جدید نگهداری مواد غذایی است.

۲. عوامل محیطی مانند _____، _____، _____ و _____ در چگونگی و زمان نگهداری مواد غذایی موثر است.

۳. پودر شدن مواد غذایی، (مانند قاووت) _____ آنها با اکسیژن را افزایش می‌دهد و در نتیجه، سبب فساد ماده غذایی _____ می‌شود.

• واکنش‌های تخریب مواد غذایی، در محیط _____ انجام می‌شود. با خشک کردن، _____ تا حد زیادی حذف و ماندگاری زیاد می‌شود.

• استفاده از اسید خوراکی (ترشی) یا نمک (با _____ مناسب) امکان رشد موجودات ذره‌بینی را کم می‌کند.

نکته: تهیه و تولید سریعتر یا کندتر یک فرآورده (صنعتی، دارویی یا غذایی) بر _____ و زمان _____ آن موثر است. آهنگ انجام واکنش، در گستره‌ای از _____، با نام _____ واکنش بیان می‌شود. خود را بیازمایید صفحه ۷۶:

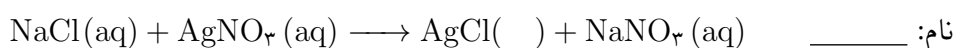
الف) کاهش _____ ← کاهش _____ واکنش‌های فساد مواد ← افزایش _____

ب) جلوگیری از اثر مخرب _____ (و سایر امواج _____) بر روغن پ) _____ کردن مغز دانه‌های خوراکی ← _____ سطح تماس مواد غذایی با _____ ← کم شدن _____

مقایسه کیفی سرعت واکنش‌ها (شکل ۱۲) صفحه ۷۸

الف) انفجار، یک واکنش شیمیایی «_____» است. در انفجار، مقدار _____ ماده منفجرشونده (حالت _____ یا _____)، «حجم» _____ از _____ داغ تولید می‌کند.

ب) تشکیل رسوب، واکنشی «_____» است. مثال:



پ) زنگ‌زدن، واکنشی «_____» است. اشیای آهنی، در خوا _____ زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده، _____ و _____ است و _____ می‌ریزد.

ت) پوسیدن کاغذ، واکنشی «_____» است. کاغذ از _____ تشکیل شده و تجزیه آن به _____ در گذر زمان، باعث «_____» و «پوسیده شدن» کاغذ از کتاب‌های قدیمی می‌شود.

عوامل موثر بر سرعت واکنش ۱+۴ (۱ عامل موثر اما ثابت ۴ عامل موثر و متغیر)

① افزایش _____، ② افزایش _____ واکنش‌دهنده(ها)، ③ افزایش سطح _____، ④ استفاده از _____ خود را بیازمایید صفحه ۸۰ و ۸۱

الف) سرعت واکنش پتاسیم با آب (شکل سمت _____) از واکنش شدید با آب (سمت _____) است. دلیل: خاصیت _____ و _____ پتاسیم از سدیم بیشتر است.^۱

یعنی: **تغییر دادن _____، می‌تواند واکنش سریع‌تری به راه بیاندازد.**

ب) شعله آتش، _____ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و _____ می‌کند اما پاشیدن و پخش کردن گرد آهن بر روی _____، سبب _____ آن می‌شود. (شکل سمت _____) (تذکر: اندازه ذرات در گرد آهن از براده آهن _____ است.)

⊛ عامل موثر بر سرعت: افزایش _____ واکنش‌دهنده‌ها

پ) محلول _____ (رنگ) پتاسیم پرمنگنات (aq) _____ با یک _____ آلی در دمای اتاق به _____ واکنش می‌دهد اما با گرم شدن محلول، به _____ بی‌رنگ می‌شود (واکنش می‌دهد) (شکل سمت _____)

⊛ عامل موثر بر سرعت: افزایش _____

ت) الیاف آهن داغ و _____ شده (روی شعله) در هوا ^{می‌سوزد} اما در ارلن پر از اکسیژن _____ (شکل سمت _____ نمی‌سوزد)

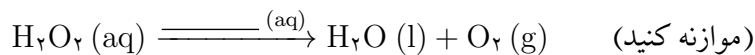
^۱تغییر _____ واکنش‌دهنده (_____ واکنش‌دهنده)، می‌تواند واکنش سریع‌تری به راه اندازد اما نمی‌تواند عاملی برای تغییر سرعت یک واکنش مشخص باشد. (خود را بیازمایید صفحه ۸۰)

(_____)

ت) الیاف آهن داغ و _____ شده (روی شعله) در هوا $\frac{\text{می سوزد}}{\text{نمی سوزد}}$ اما در ارنل پر از اکسیژن _____ (شکل سمت _____)

(*) عامل موثر بر سرعت: افزایش _____

ث) محلول هیدروژن پراکسید (aq) _____ در دمای اتاق به _____ تجزیه شده و _____ تولید می کند:



در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید (aq) _____ سرعت واکنش را به طور چشمگیری _____ می دهد (شکل سمت _____)

(*) عامل موثر بر سرعت: _____

ج) بیماران دارای مشکل تنفسی، در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول _____ دارند. دلیل: _____ اکسیژن در کپسول اکسیژن از _____ بیشتر است و با هر بار عمل دم، اکسیژن بیشتری وارد ریه می شود.

(*) عامل موثر بر سرعت: افزایش _____ واکنش دهنده

ح) برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات، دچار نفخ می شوند زیرا فاقد _____ هستند که آن ها را کامل و سریع هضم کند. دلیل: آنزیم ها در بدن، نقش _____ را دارند و «کمبود» یا «فقدان» آن ها، واکنش های هضم را _____ می کند.

(*) نقش _____ در سرعت واکنش

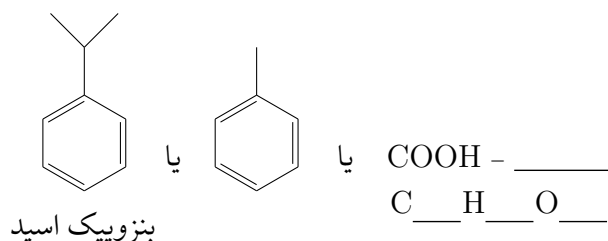
خ) واکنش سوختن قند آغشته به _____ سریع تر از سوختن قند در حالت عادی است.

دلیل: در خاک باغچه، مناسب برای این واکنش وجود دارد.

(*) نقش _____ در سرعت واکنش

پیوند با صنعت

در صنایع غذایی، علاوه بر بسته بندی، کنسرو سازی، انجماد و غیره، استفاده از مواد _____ به عنوان _____ سبب افزایش زمان _____ و _____ مواد غذایی است. «_____ها»، مواد شیمیایی مانند _____، _____ دهنده ها و _____ دهنده ها هستند که به صورت هدف مند به مواد غذایی افزوده می شوند. یکی از این افزودنی ها «_____ اسید» است که به طور طبیعی در _____ و _____ وجود دارد و به عنوان _____ به مواد غذایی افزوده می شود. نگه دارنده ها، _____ واکنش های شیمیایی منجر به _____ مواد غذایی را کاهش می دهند. بنزویک اسید به علت داشتن گروه COOH جزء اسیدهای _____ است. ^۱ از طرفی، بنزویک اسید، حلقه _____ دارد پس جزء ترکیبات _____ نیز هست. (اسید _____)



^۱ مانند CH_3COOH با نام _____ اسید یا _____ اسید

پیوند با ریاضی صفحه ۸۲: ۱) کمیت _____، سطح تماس تکه زغال را با شعله در هنگام سوختن نشان می‌دهد، چون در عمق زغال، واکنش سوختن به خوبی انجام _____ (به دلیل کافی بودن _____ در دسترس) ۲) سطح آن _____ برابر و حجم آن _____ برابر می‌شود (حجم تغییر _____) ۳) گرد زغال نسبت به تکه زغال، _____ بیشتری با _____ برای سوختن دارد و سرعت سوختن گرد زغال _____ است. هرچه سطح تماس بیشتر و به _____ (نزدیک‌تر باشد، سرعت واکنش آن با سایر مواد یا تجزیه آن، _____ می‌شود. _____ برخی واکنش‌های شیمیایی مانند گوارش، تنفس، تهیه داروها و تولید فرآورده‌های صنعتی، _____ و _____ هستند.

← در چنین واکنش‌هایی باید سرعت را _____ داد (تا فرآورده‌های گوناگون، با صرفه اقتصادی تولید شوند).
← برخی دیگر از واکنش‌ها مانند «_____ وسایل آهنی»، «تولید _____ ها» و «_____ و _____ شدن کاغذ»، _____ بار و _____ هستند. ← در چنین واکنش‌هایی باید به دنبال راه‌هایی برای _____ سرعت یا حتی _____ نمودن واکنش بود.
برای دستیابی به چنین اهدافی، باید از _____ شیمیایی کمک گرفت.

سینتیک شیمیایی، به بررسی _____ و _____ انجام واکنش‌ها و _____ بر سرعت واکنش‌ها می‌پردازد.

سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش از دیدگاه کمی

سرعت واکنش در موارد زیادی باید با دقت اندازه‌گیری شود، یعنی باید سرعت را به شکل _____ بیان کرد. برای این کار باید _____ واکنش را به صورت «عدد» بیان کنیم.

پیشرفت واکنش: مصرف _____ یا تولید _____

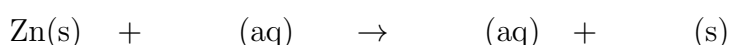
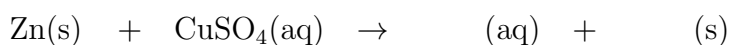
بدیهی است که پیشرفت واکنش در گستره‌ای از _____ انجام می‌گیرد.
نمونه: شکل ۱۴ صفحه ۸۴: در یک واکنش شیمیایی، خوراکی موجود در محلول، وارد واکنش شده و در زمان ۵ دقیقه تا مرز _____ شدن پیش رفته است. یعنی با پیشرفت واکنش، _____ رنگ، _____ می‌یابد و تقریباً به _____ می‌رسد. برای محاسبه کمی سرعت واکنش، باید بدانیم که _____ رنگ مصرفی چقدر بوده و در چه _____ مصرف شده است. خود را بیازمایید ۱ صفحه ۸۴: با توجه به پرسش، در اینجا باید تغییرات _____ (مصرفی) را در واحد زمان اندازه‌گیری کنیم:

$$R = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{(\quad)}{(\quad)} = (\quad)$$

«_____» یک واکنش‌دهنده یا «_____» یک فرآورده در گستره _____ قابل اندازه‌گیری را «سرعت _____» (مصرف یا تولید) آن ماده می‌نامند (\bar{R})

⇐ چرا سرعت «متوسط»؟ چون به صورت عادی، با گذشت زمان، سرعت مصرف یا تولید مواد _____ می‌شود یعنی در گستره زمانی انجام واکنش، معمولاً سرعت، _____ نیست.

خود را بیازمایید ۲: الف) واکنش‌پذیری روی ○ مس



حذف یون تماشاچی

→ _____

در این واکنش، «فلز» الکترون _____ و «کاتیون» الکترون _____ است، پس: واکنش پذیری روی از مس _____ است. (واکنش پذیری فلز، تقریباً معادل الکترون _____ آن است.)

(ب) با گذشت زمان، Cu^{2+} به _____ تبدیل می شود:

مقدار (و غلظت) Cu^{2+} _____ می یابد. (محلول، کم و کم تر می شود.) و مقدار Cu _____ می شود. (از _____ خارج می شود و بر سطح _____ (یا _____ ظرف) می نشیند)

پرسش) تغییرات مقدار Zn^{2+} و Zn چگونه است؟

با گذشت زمان، _____ به _____ تبدیل می شود. مقدار (و غلظت) Zn^{2+} _____ می یابد. (محلول نهایی _____

رنگ است.) و Zn _____ می شود (مقداری از تیغه روی _____ می شود.)

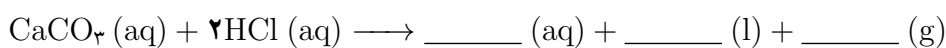
نکته: اگر فرض کنیم که فلز (مس) تولید شده، فقط روی تیغه (روی) بنشیند، تغییر جرم تیغه، از مقایسه جرم روی _____

شده با جرم مس _____ شده به تیغه، به دست می آید.

(پ)

$$\bar{R}_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{(\quad)}{(\quad)} = (\quad)$$

با هم بیندیشیم صفحه ۸۵:



(الف) (_____) تولیدی، از _____ خارج و _____ مخلوط باقی مانده _____ می شود.

(ب) در کتاب درسی

(پ) با گذشت زمان، مجموع جرم گاز آزاد شده، _____ می شود (اما در مقایسه بازه های زمانی ۱۰ ثانیه ای، هرچه زمان

می گذرد، در بازه های بعدی، گاز _____ آزاد می شود). مثال:

گاز آزاد شده در ۱۰ ثانیه اول: گاز آزاد شده در ۱۰ ثانیه دوم:

(ت) در ثانیه _____ به پایان می رسد چون _____ مخلوط پس از آن تغییر _____ است.

تذکر مهم: برای اندازه گیری سرعت، باید بازه زمانی _____ تا _____ (s) را در نظر گرفت.

تمرین (با هم بیندیشیم) ۲ و ۳: در کتاب درسی / تمرین (با هم بیندیشیم ۴): سرعت _____ تولید CO_2 () با

گذشت زمان _____ می شود.

یعنی: سرعت واکنش های شیمیایی به تدریج _____ و _____ تر می شود. (واکنش در ابتدا نسبتاً _____ تر و در

پایان نسبتاً _____ تر انجام می شود.)

دلیل: با پیشرفت واکنش، مقدار _____ ها به تدریج چه تغییری می کند؟ چرا؟

با هم بیندیشیم تمرین ۵: شیب نمودار همان $\frac{\Delta}{\Delta}$ است و به مرور _____ می شود ($\frac{\Delta}{\Delta}$ در واقع

بیانگر _____ است که به تدریج _____ می شود.) های تولیدی هر سه فرآورده در این واکنش برابر است یعنی

به _____ یکسان تولید می شوند.

Δt نیز برای همه _____ واکنش (از جمله فرآورده ها) _____ است. نتیجه: سرعت متوسط _____ فرآورده ها

_____ است. (چون _____ اولیه فرآورده ها صفر بوده، نمودار مقدار-زمان برای این سه ماده، یکسان است.)

تمرین ۱: سرعت متوسط تولید CO_2 را در بازه زمانی ۰ تا ۱۰ ثانیه به کمک نمودار یا جدول صفحه ۸۶ به دست آورید.

تمرین ۲: سرعت متوسط تولید CaCl_2 را در بازه زمانی ۰ تا ۱۰ ثانیه به کمک نمودار صفحه ۸۷ به دست آورید.

با هم بیندیشیم ۵ صفحه ۸۶

نتیجه: $\leftarrow \bar{R}_{\text{CaCl}_2(0-10s)} \bigcirc \bar{R}_{\text{CO}_2(0-10s)}$ نشانه: یکسان در واکنش موازنه شده
 نکته: شیب هر دو نمودار صفحه ۸۶ و ۸۷، به تدریج _____ می‌شود، چون سرعت به مرور در حال _____ شدن است.
 تمرین ۳: عبارات زیر را با نوشتن کلمه «کاهش» یا «افزایش» کامل کنید. در واکنش شیمیایی و با گذشت زمان:
 مقدار واکنش دهنده: شیب نمودار مصرف واکنش دهنده: سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده:
 مقدار فرآورده: شیب نمودار تولید فرآورده: سرعت متوسط تولید فرآورده:
 خود را بیازمایید ۱ صفحه ۸۷: $\text{HCl} \bigcirc \text{CaCO}_3 \bigcirc$ به ازای مصرف \bigcirc مول CaCO_3 ، \bigcirc مول HCl مصرف می‌شود؛

یعنی Δn برای _____ باید ۲ برابر _____ باشد (Δt برای هر دو _____) $\leftarrow \bar{R}_{\text{HCl}} = \bar{R}_{\text{CaCO}_3}$

نتیجه: نسبت سرعت (_____ یا _____) مواد واکنش، همان نسبت _____ آن‌ها است.

خود را بیازمایید ۲ صفحه ۸۸:

$2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow \left(\frac{\bar{R}_{\text{SO}_2}}{\quad} = \quad = \quad \right)$
 $\rightarrow \bar{R}_{\text{SO}_2} = \quad = \bar{R}_{\text{O}_2} = x = \frac{\text{mol}}{s} \times \quad = \left(\frac{\text{mol}}{\quad} \right)$
 خود را بیازمایید ۳: الف) _____ می‌شود چون $\frac{\text{واکنش دهنده}}{\text{فرآورده}}$ است و _____ می‌شود (در نمودار با گذشت _____، _____ ش کم می‌شود).

ب) علامت \bigcirc دارد، چون Δn برای واکنش دهنده، عددی \bigcirc است.

برای واکنش دهنده‌ها $\Delta n \bigcirc$ و برای فرآورده‌ها $\Delta n \bigcirc$ است. پ) برای آن که سرعت، همواره عددی \bigcirc گزارش شود سرعت مصرف واکنش دهنده به صورت ($\bar{R} = \quad$) نوشته می‌شود، (و برای فرآورده، سرعت تولید به صورت ($\bar{R} = \quad$) نوشته می‌شود).

ت)

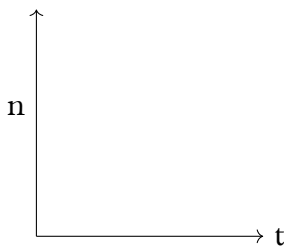
$\bar{R} = \quad = \quad = \quad = \quad \times \quad \left(\frac{\text{mol}}{s} \right) \times \frac{\quad s}{\quad \text{min}} = \quad \left(\frac{\text{mol}}{\text{min}} \right)$

تمرین ۱: نمودار تغییرات مقدار مواد در برابر زمان را برای واکنش فرضی $A \rightarrow B$ رسم کنید. (فرض کنید واکنش کامل شده است.)

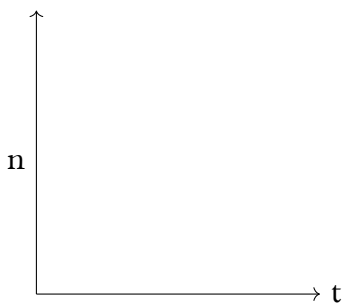
الف) زمان پایان واکنش، برای همه مواد واکنش، _____ است. (همه باید به _____ یکسان ختم شوند.)

ب) حتماً (در اینجا) باید عرض یکسان _____ باشند. (چون در اینجا مول مصرفی واکنش دهنده با مول تولیدی فرآورده _____ است) به دلیل _____ یکسان در واکنش

پ) همه باید شیب _____ شوند داشته باشند (کاهش تدریجی _____)



تمرین ۲: نمودار مقدار-زمان را برای واکنش $N_2(g) + H_2(g) \longrightarrow NH_3(g)$ (واکنش را موازنه کنید و فرض کنید که واکنش کامل شده است).
تعریف واکنش کامل:



- نکته ۱: در نمودار، نقطه شروع برای فرآورده(ها)، معمولاً _____ است. (چون در ابتدای واکنش، وجود _____)
- نکته ۲: در نمودار، نقطه شروع برای واکنش دهنده(ها)، لزوماً همان ضرایب استوکیومتری _____.
- نکته ۳: اگر ضریب استوکیومتری برای دو واکنش دهنده، یکسان باشد، مقدارشان در شروع و در طول واکنش، لزوماً با هم برابر _____ اما اگر مقدار آنها در ابتدای واکنش یکسان باشد، نمودار آن دو، _____ خواهد بود.
- نکته ۴: اگر ضرایب استوکیومتری برای دو واکنش دهنده یکسان باشد، شیب نمودار مصرف آنها لزوماً با هم برابر _____.
- نکته ۵: اگر ضریب استوکیومتری برای دو فرآورده یکسان باشد، نمودار آنها _____ است (اگر مقدار اولیه آنها _____ باشد).
- نکته ۶: اگر ضریب استوکیومتری دو ماده (واکنش دهنده یا فرآورده) یکسان باشد، شیب نمودار آنها لزوماً برابر _____.
- نکته ۷: ضرایب استوکیومتری مواد واکنش، لزوماً مقدار واقعی آنها را بیان _____ و حتماً _____ تغییر مقدار (Δn) آنها را نشان _____.

تذکر بسیار مهم

مقدار نهایی فرآورده در ۳ حالت یکسان _____ و سرعت تولید فرآورده در ۳ حالت یکسان _____

خود را بیازمایید صفحه ۸۹ و ۹۰

A :

B :

C :

غلظت مواد خالص

می‌دانیم که غلظت مول محلول‌ها (مواد خالص) از رابطه $M = \frac{\text{مقدار ماده}}{\text{حجم محلول}}$ با یکای () به دست می‌آید برای مواد خالص نیز خالص نیز غلظت مولی تعریف می‌شود (از تقسیم «چگالی» بر «جرم مولی»)

$$M = \frac{d(\text{چگالی})}{\text{جرم مولی}}$$

در مورد غلظت «گازها»، یک تفاوت مهم با «مایع» و «جامد» وجود دارد:

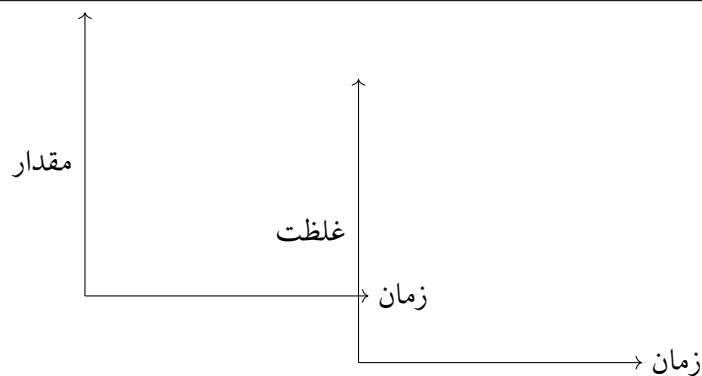
تغییر مقدار «مایع» یا «جامد» ← تغییر حجم ← چگالی تغییر می‌کند ← غلظت ثابت است
تغییر مقدار «گاز» (در ظرف سر بسته) ← حجم، تغییر (حجم) ← چگالی ← غلظت

نتیجه: در با مصرف یا تولید مواد جامد یا مایع، غلظت آن‌ها _____
با مصرف یا تولید مواد گازی، غلظت آن‌ها _____
محاسبات سرعت، در مورد _____ (و نیز _____) می‌توان؛

علاوه بر تغییر _____ در برابر زمان (که برای همه مواد استفاده می‌شود) از تغییر _____ نیز سرعت را محاسبه کرد.

در مورد مواد مایع و جامد، فقط به کمک تغییر _____ در برابر زمان، می‌توان سرعت را اندازه‌گیری کرد.

در مورد مواد مایع و جامد، نمودار غلظت - زمان را می‌توان رسم کرد ولی سرعت را نشان نمی‌دهد.
در مورد مواد مایع و جامد، نمودار مقدار - زمان را می‌توان رسم کرد ولی سرعت را نشان نمی‌دهد.

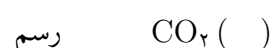
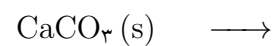


تمرین ۱: نمودارهای

تقریبی «مقدار - زمان»

و «غلظت - زمان» را

برای فرآورده‌های واکنش



رسم کنید.

تمرین ۲: اگر در واکنشی ۲ ماده A و B حضور داشته باشند و $2\bar{R}_A = 3\bar{R}_B$ باشد، معادله واکنش به چه صورت‌هایی

می‌تواند نوشته شود؟ حالت _____

تمرین ۳: اگر در واکنشی، ۲ ماده A و B حضور داشته باشند و $\frac{+\Delta n(A)}{2\Delta t} = \frac{-\Delta n(g)}{3\Delta t}$ باشد، معادله واکنش به

چه صورت‌هایی می‌تواند نوشته شود؟ حالت _____

سرعت واکنش

۱ لزوماً به این معنی نیست که B واکنش‌دهنده است، شاید _____!

دیدیم که سرعت مصرف یا تولید مواد واکنش، به ضریب استوکیومتری آن‌ها در واکنش موازنه شده بستگی _____ . یعنی سرعت مواد گوناگون در واکنش، ممکن است با هم برابر باشند یا نباشند. برای درک آسان‌تر «پیشرفت واکنش» در واحد «زمان»، از کمیت دیگری به نام «سرعت واکنش» استفاده می‌کنند.

سرعت واکنش، از تقسیم سرعت مصرف یا تولید هر ماده بر _____ آن به دست می‌آید.

مثلاً در مورد واکنش $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ می‌توان نوشت:

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_{\text{N}_2}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2}}{6} = \frac{\bar{R}_{\text{NH}_3}}{2}$$

(با هم بیندیشیم ۱) ب و پ و ت)

نکته: سرعت واکنش، با سرعت مصرف یا تولید ماده‌ای برابر است که ضریب استوکیومتری آن \circ باشد. (با هم بیندیشیم ۱) (ث)

با هم بیندیشیم ۱) صفحه ۹۶: الف)

$$\bar{R}_{\text{N}_2} = \bar{R}_{\text{NH}_3} \rightarrow \bar{R}_{\text{N}_2} =$$

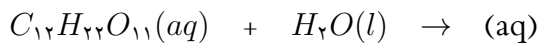
$$\bar{R}_{\text{H}_2} = \bar{R}_{\text{N}_2} \rightarrow \bar{R}_{\text{H}_2} =$$

(ث)

$$R_{\text{کاهش}} = \bar{R}_{\text{_____}}$$

$$R = -\frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(\text{H}_2)}{\Delta t} = +\frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{\Delta t}$$

با هم بیندیشیم ۲) صفحه ۹۱



مالتوز

سمنو، که از جوانه گندم تهیه می‌شود، دارای قند _____ است، که طبق واکنش بالا از قند _____ تولید می‌شود. (الف)

$$\bar{R}_{\text{Glucose}(0-3\text{min})} =$$

$$\bar{R}_{\text{Maltose}(0-3\text{min})} =$$

(ب)

$$R_{\text{واکنش}(0-7\text{min})} =$$

$$R_{\text{واکنش}(7-14\text{min})} =$$

پ) a مربوط به _____ است چون غلظت آن به تدریج می‌شود. تمرین: بدون مراجعه به نمودار، سرعت واکنش را در موارد زیر مقایسه کنید:
b مربوط به _____ است چون غلظت آن به تدریج می‌شود.

$$R_{(\cdot - v_{\min})} \bigcirc R_{(\cdot - 14_{\min})}$$

$$R_{(\cdot - v_{\min})} \bigcirc R_{(v - 14_{\min})}$$

$$R_{(\cdot - 3_{\min})} \bigcirc R_{(\cdot - v_{\min})}$$

نمودارهای مقدار - زمان

نقطه شروع نمودار (روی محور _____) برای هر ماده \equiv _____
 با مقایسه «شیب» نمودار مقدار-زمان برای دو ماده، نسبت _____ آنها در واکنش _____ به دست می‌آید.
 واکنش کامل:
 واکنشی که در آن، $\frac{\text{همه}}{\text{دست کم یکی از}}$ واکنش دهنده‌ها، به طور کامل _____.

پیوند با زندگی) «خوراکی‌های طبیعی رنگین، باز دارنده‌هایی مفید و موثر»

سبزی‌ها و میوه‌ها حاوی _____ هایی هستند که در حفظ سلامت بافت و اندام‌ها دخالت دارند.

برخی از آن‌ها به عنوان _____ از انجام واکنش‌های ناخواسته (به دلیل حضور _____) جلوگیری می‌کنند.

رادیکال، گونه _____ و _____ است که در ساختار خود، الکترون _____ (الکترون) دارد.

یعنی رادیکال اتم یا اتم‌هایی دارد که از قاعده _____ پیروی نمی‌کنند (مانند NO یا NO₂)

رادیکال‌ها، واکنش‌پذیری _____ دارند. در واکنش‌های متنوع و پیچیده در بدن، رادیکال‌هایی به وجود می‌آیند که اگر

به وسیله _____ جذب نشوند با انجام واکنش‌های _____ به بافت‌ها آسیب می‌رسانند. مصرف خوراکی‌های حاوی

«بازدارنده‌ها» رادیکال‌ها را به دام می‌اندازد و سرعت واکنش‌های _____، _____ می‌شود. هندوانه و گوجه‌فرنگی

محتوی «_____» هستند که فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهند. لیکوپن، _____ پیوند دوگانه، _____ کربن و

_____ هیدروژن دارد. (شکل ۱۵ صفحه ۸۹) تعداد H در لیکوپن:

«غذا، پسماند و رد پای آن»

چهره آشکار حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف _____ و به _____ تبدیل می‌شود یا از بین

می‌رود.

چهره پنهان همه _____ که در تهیه غذا، از آغاز تا سر سفره سهم داشته‌اند.

تولید گازهای _____ به ویژه _____ که سهم تولید این گاز در _____ غذا،